Vimodrone, 4 agosto 2026

Subject: **QTS ITA1 – VIMERCATE**
CAT 3516E GRBX - EMISSIONI E PRESTAZIONI ACUSTICHE
Nota tecnica - emissioni e prestazioni acustiche

La presente nota raccoglie le informazioni tecniche relative al singolo gruppo CAT 3516E GRBX, completo di sistema SCR/OXI e abbattimento acustico dello scarico.

Parametro	Dato di progetto
Modello	CAT 3516E GRBX
Potenza apparente nominale	3.500 kVA
Tensione nominale	415 V
Frequenza alternatore	50 Hz
Velocità nominale motore	1.800 rpm

I valori sono presentati distinguendo dati ufficiali Caterpillar, target formalizzati del sistema di post-trattamento, risultati di calcolo e conversioni o assunzioni CGT. I nomi dei singoli fornitori del post-trattamento non sono riportati, poiché il documento descrive le prestazioni tecnicamente conseguibili con la configurazione proposta e non costituisce una comparativa commerciale.

Tutte le concentrazioni emissive riportate nella nota sono riferite a gas secco e al 15% O2, salvo diversa indicazione..

1. PRESTAZIONI EMISSIVE DI PROGETTO

I target di progetto adottati per NOx, CO, PM e COT/HC sono stati definiti per rispettare i limiti della DGR XII/6646 del 3 agosto 2026. Per l'NH3 è stato adottato un obiettivo più restrittivo rispetto al limite di 5 mg/Nm3, in considerazione dello specifico interesse espresso dall'Istituto Superiore di Sanità per questo parametro.

Alla condizione stazionaria di progetto al 100% del carico sono applicabili i seguenti valori:

Parametro emissivo	Risultato calcolato o dato di riferimento	Target di progetto garantito	Portata massica associata	Natura del dato
NOx	168 mg/Nm3	<=190 mg/Nm3	<=1,256 g/s	Risultato di calcolo del sistema e target DGR [3]; g/s convertiti da CGT
CO	110,6 mg/Nm3	<=150 mg/Nm3	<=0,991 g/s	Risultato di calcolo del sistema e target DGR [3]; g/s convertiti da CGT
NH3	<=1,875 mg/Nm3	<=1,875 mg/Nm3	<=0,0124 g/s	Target del sistema, equivalente a 5 mg/Nm3 @5% O2; g/s convertiti da CGT. Migliorativo rispetto a target DGR [3] come concordato
PM totale	10,6 mg/Nm3	<20 mg/Nm3	0,0841 g/s	Dati nominali Caterpillar [1]
PM10	10,6 mg/Nm3	<20 mg/Nm3	0,0841 g/s	Secondo le indicazioni Caterpillar, ai fini autorizzativi il valore di PM10 è assunto pari al valore di PM pubblicato. [1][2]
PM2.5	10,6 mg/Nm3	<20 mg/Nm3	0,0841 g/s	Secondo le indicazioni Caterpillar, ai fini autorizzativi il valore di PM2.5 è assunto pari al valore di PM pubblicato. [1][2]
SO2 - diesel EN 590	circa 0,55 mg/Nm3	n.a.	0,00361 g/s	Calcolo CGT con zolfo assunto pari a 10 mg/kg [4] e conversione completa S in SO2
SO2 - HVO EN 15940	circa 0,28 mg/Nm3	n.a.	0,00186 g/s	Calcolo CGT con zolfo assunto pari a 5 mg/kg [5], consumo di combustibile incrementato cautelativamente del 3% e conversione completa S in SO2

I valori PM, PM10 e PM2.5 sono coincidenti e non additivi: rappresentano la medesima portata di particolato, classificata secondo il criterio Caterpillar riportato nella sezione 4.

Per NOx, CO, PM e COT/HC, i limiti DGR Regione Lombardia n. XII/ 6646 SEDUTA DEL 03/08/2026 rappresentano gli attuali obiettivi di dimensionamento che possiamo garantire con i sistemi considerati ad oggi.

Prestazioni più restrittive possono essere valutate mediante adeguamento della configurazione e del dimensionamento del post-trattamento. CGT ha già gestito requisiti analoghi su gruppi di potenza superiore, confermandone la fattibilità tecnica; il dimensionamento deve tenere conto anche di ingombri, perdita di carico, consumi e perimetro di fornitura.

1.1. TABELLA PU - EMISSIONI

La tabella seguente riprende la struttura trasmessa da QTS ed è compilata per il funzionamento stabilizzato al 100% del carico. Per il camino sono riportati i dati del caso progettuale richiamato nell'offerta tecnica. La portata normalizzata indicata è la portata secca equivalente al 15% O2, utilizzata per la conversione delle concentrazioni a valle del post-trattamento in portate massiche.

PU - EMISSIONI	Unità	Valore
Diametro	m	0,600
Altezza	m	25,815
Velocità	m/s	36,5
Temperatura fumo	°C	466
PM	mg/Nm3	10,6
NOx	mg/Nm3	817,8
NOx SCR	mg/Nm3	<=190
CO	mg/Nm3	175,2
CO SCR	mg/Nm3	<=150
SO2 - diesel EN 590	**mg/Nm3**	**circa 0,55**
SO2 - HVO EN 15940	**mg/Nm3**	**circa 0,28**
NH3	mg/Nm3	<=1,875
Portata	Nm3/s	6,608
PM	g/s	0,0841
PM10	**g/s**	**0,0841**
PM2.5	**g/s**	**0,0841**
NOx	g/s	5,368
NOx SCR	g/s	1,256
CO	g/s	1,161
CO SCR	g/s	0,991
SO2 - diesel EN 590	**g/s**	**0,00361**
SO2 - HVO EN 15940	**g/s**	**0,00186**
NH3	g/s	<=0,0124

Le righe PM, NOX e CO senza post-trattamento riportano i dati nominali Caterpillar engine-out. I valori NOX SCR e CO SCR sono i valori garantiti della configurazione di post-trattamento al 100%; tali target di progetto rispettano quelli indicati nel DGR Regione Lombardia n. XII/ 6646 SEDUTA DEL 03/08/2026.

Il dato NH3 corrisponde al limite garantito dal sistema ad un livello inferiore a quanto richiesto dal DGR, come concordato tra CGT e QTS.

Per la valutazione autorizzativa possono essere mantenuti distinti i due casi di combustibile. Il caso diesel EN 590 è calcolato assumendo 10 mg/kg di zolfo e un consumo nominale di 650,6 kg/h. Il caso HVO EN 15940 assume 5

mg/kg di zolfo e, cautelativamente, un consumo massico superiore del 3%, pari a circa 670,1 kg/h. L'incremento è coerente con le prove Caterpillar condotte sul CAT 3516E a 1.800 rpm, che evidenziano un consumo volumetrico dell'HVO lievemente superiore a parità di carico. In entrambi i casi è assunta la conversione completa dello zolfo in SO2. Il metodo di conversione è coerente con il criterio Caterpillar; richiamato in DM1176.

2. PRESTAZIONI AI CARICHI PARZIALI

I valori riportati nella tabella seguente si riferiscono al funzionamento stabilizzato del gruppo al singolo livello di carico.

Concentrazioni in mg/Nm3, 15% O2.				
Load	NOx calcolato	NH3	PM	CO calcolato
10%	<=190	<=1,875	11,2	<=150
25%	<=190	<=1,875	16,6	<=150
50%	108	<=1,875	7,4	78
75%	94,1	<=1,875	5,3	136,5
100%	168	<=1,875	10,6	110,6

I valori NOx e CO dal 50% al 100% sono risultati di calcolo.
I target di progetto garantiti sul medesimo intervallo sono rispettivamente <=190 mg/Nm3 e <=150 mg/Nm3.

Il rispetto dei medesimi target è tecnicamente atteso anche al 10% e al 25%, ma non è qualificato come garanzia puntuale per i limiti dei sistemi di simulazione disponibili alle condizioni di basso carico. Tale limitazione documentale non identifica una criticità tecnica attesa del sistema.

Per il PM, i dati nominali Caterpillar sono già inferiori al limite DGR in tutti i punti di carico considerati. Secondo il criterio tecnico Caterpillar, i medesimi valori rappresentano PM, PM10 e PM2.5. Le tre grandezze sono coincidenti e non devono essere sommate tra loro.

Per l'NH3, il valore <=1.875 mg/Nm3 è garantito dal 50% al 100% ed è tecnicamente atteso anche al 10% e 25%. La concentrazione media attesa è pertanto <=1,875 mg/Nm3 e potrà risultare inferiore durante il funzionamento effettivo. Il rispetto dei medesimi target è tecnicamente atteso anche al 10% e al 25%, ma non è qualificato come garanzia puntuale per i limiti dei sistemi di simulazione disponibili alle condizioni di basso carico. Tale limitazione documentale non identifica una criticità tecnica attesa del sistema.

3. COMPOSIZIONE DEL PARTICOLATO

3.1. PM, PM10 e PM2.5

Caterpillar indica nella propria documentazione [2] che i valori di particulate matter (PM) pubblicati per i propri motori sono da considerarsi rappresentativi del PM2.5 e dichiara che, per i motori Caterpillar, PM2.5 = PM10. Pertanto, in assenza di una caratterizzazione granulometrica specifica del singolo motore, ai fini della valutazione emissiva si assume cautelativamente l'intera massa di PM emessa come appartenente alla frazione PM2.5 e, conseguentemente, anche alla frazione PM10.

Tale assunzione risulta coerente con la letteratura sperimentale sui grandi motori diesel, che evidenzia una prevalenza pressoché totale del particolato nella regione fine e submicron [6][7].

L'equivalenza PM = PM10 = PM2.5 costituisce quindi un criterio conservativo di allocazione della massa emissiva e non una certificazione granulometrica ottenuta mediante campionamento selettivo per dimensione sullo specifico CAT 3516E GRBX.

3.2. COMPOSIZIONE CHIMICA

Il parametro Caterpillar PART MATTER, determinato secondo ISO 8178, rappresenta il particolato complessivo raccolto nelle condizioni definite dal metodo di prova.
Si tratta di una grandezza gravimetrica: descrive la massa raccolta dal sistema di campionamento e non corrisponde a una composizione chimica prefissata.

Caterpillar ha fornito una descrizione qualitativa delle principali famiglie che possono contribuire al particolato diesel:

- **frazione carboniosa:** fuliggine generata nei processi di combustione, costituita principalmente da carbonio elementare e organizzata in particelle e agglomerati;
- **frazione organica:** composti organici che possono condensare o essere adsorbiti sulla superficie del nucleo carbonioso, inclusi idrocarburi aromatici;
- **frazione inorganica:** ceneri riconducibili soprattutto agli additivi dell'olio lubrificante e, in misura variabile, particelle metalliche connesse ai normali fenomeni di usura;
- **solfati e specie associate:** derivanti dallo zolfo presente nel combustibile e nel lubrificante e dai successivi processi di ossidazione;
- **silicati e componenti minerali:** presenti come tracce riconducibili ai materiali, all'aria aspirata e alle condizioni operative del sistema.

Le diverse componenti non sono indipendenti: il nucleo di carbonio elementare può sostenere sulla propria superficie materiale organico e specie inorganiche, mentre la quota raccolta può variare anche per effetto del raffreddamento e della diluizione dei gas durante il campionamento. Il sistema di ossidazione può inoltre modificare la frazione organica e alcune specie ossidabili, senza trasformare il PM in una miscela avente percentuali costanti.

La ripartizione effettiva tra carbonio elementare, frazione organica, ceneri, metalli, solfati e silicati dipende principalmente da formulazione e tenore di zolfo del combustibile, formulazione e consumo dell'olio, carico del motore, qualità e temperatura della combustione, condizioni termiche del post-trattamento e metodo di campionamento. Per questo motivo Caterpillar, analogamente agli altri costruttori, non attribuisce ai propri motori percentuali quantitative fisse delle singole componenti.

La descrizione sopra riportata caratterizza il particolato emesso dalla sorgente.

Il materiale eventualmente depositato sulle superfici del sito risente anche di dispersione atmosferica, raffreddamento e condensazione, condizioni meteorologiche, risospensione e contributi di altre sorgenti. La sua composizione non può quindi essere assunta automaticamente coincidente con quella del PM misurato allo scarico.

Una speciazione quantitativa rappresentativa può essere ottenuta mediante una caratterizzazione sperimentale dedicata sulla configurazione finale installata in sito, definendo preventivamente condizioni operative, combustibile e lubrificante, punto e temperatura di campionamento, metodo analitico e specie da determinare.

Le principali famiglie analizzabili comprendono carbonio elementare e organico, solfati, silicati, ceneri e metalli.

4. RAGGIUNGIMENTO DELLA TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO SCR -

Per le tecnologie considerate, l'attivazione del dosaggio urea/SCR richiede indicativamente temperature di circa 280-300 °C, riferite ai gas o al materiale catalitico secondo la configurazione.

Le esperienze di prova condivise nell'ambito del Gruppo TESYA, a circa 30 °C ambiente e con temperature dei gas rilevate in ingresso turbina, indicano il raggiungimento delle temperature operative del motore in circa 2-3 minuti dall'applicazione del carico. Su questa base è stimato un ulteriore intervallo di circa 2 minuti per il riscaldamento dell'SCR inizialmente fermo. Con un carico adeguato, indicato nel precedente considerato superiore a 600 kW, è quindi prevedibile che l'SCR raggiunga la temperatura di funzionamento nell'ordine complessivo di circa 5 minuti dall'applicazione del carico.

Il confronto tra i valori registrati durante la prova e le temperature stazionarie pubblicate da Caterpillar in EM7058 è riportato di seguito. Poiché la misura di prova è effettuata in ingresso turbina, il confronto è condotto con la temperatura del collettore di scarico, corrispondente al medesimo tratto termodinamico.

Carico applicato	Intervallo della prova	Durata dello step	Temperatura registrata in ingresso turbina	Temperatura stazionaria EM7058 nel collettore di scarico
Circa 25% 700 kW	160-460 s	circa 300 s	~510–515 °C	509,1 °C ± 8%
Circa 50% 1.500 kW	460-780 s	circa 320 s	~565–570 °C	579,0 °C ± 8%
Circa 75% 2.200 kW	780-1.080 s	circa 300 s	~595–605 °C	618,0 °C ± 8%
100% 2.800 kW	da circa 1.080 s	-	circa 670-680 °C	691,0 °C ± 8%

La prova mostra che, a ciascuno step, le temperature in ingresso turbina si portano rapidamente verso valori coerenti con le corrispondenti condizioni stazionarie previste da EM7058.

5. PRESTAZIONI ACUSTICHE

Le informazioni disponibili sono distinte tra emissione sonora allo sbocco dello scarico e prestazione complessiva del container.

5.1. SCARICO GAS E CAMINO

Per l'attuale configurazione del sistema di trattamento e silenziamento dello scarico è disponibile una previsione per bande d'ottava. Una delle configurazioni di riferimento tra quelle esaminate fornisce i seguenti valori:

Banda d'ottava	Potenza sonora uscita motore	Attenuazione prevista	Potenza sonora allo sbocco	Potenza sonora calcolata allo sbocco e ponderata A
31,5 Hz	109 dB	8 dB	101 dB	62 dB(A)
63 Hz	120 dB	8 dB	112 dB	86 dB(A)
125 Hz	127 dB	18 dB	109 dB	93 dB(A)
250 Hz	130 dB	28 dB	102 dB	94 dB(A)
500 Hz	125 dB	36 dB	89 dB	85 dB(A)
1.000 Hz	123 dB	42 dB	81 dB	81 dB(A)
2.000 Hz	121 dB	48 dB	73 dB	74 dB(A)
4.000 Hz	121 dB	56 dB	65 dB(A)	66 dB(A)

La somma calcolata allo sbocco è pari a 97 dB(A) di potenza sonora, corrispondente a circa 83 dB(A) di pressione sonora a 1 m in campo libero.

Il target di progetto che garantiamo è pari a 99 dB(A) di potenza sonora allo sbocco, equivalente a 85 dB(A) a 1 m nelle medesime condizioni di calcolo.

5.2. CONTAINER

Il container insonorizzante è dimensionato per un limite di rumorosità residua pari a 85 dB(A) a 1 m, con tolleranza dichiarata +/-3 dB, al 75% della potenza nominale del gruppo, secondo ISO 8528.
Il medesimo criterio è richiamato per le prese d'aria e per il sistema di espulsione dell'aria dell'enclosures.

Nella presente fase il container è pertanto rappresentato mediante questo valore overall.

6. RIFERIMENTI -

Oltre ai documenti e ai siti indicati di seguito, la presente nota incorpora valutazioni tecniche maturate da CGT sulla base della propria esperienza applicativa, del know-how del Gruppo TESYA e dei contributi degli specialisti coinvolti nel progetto. Tali elementi sono impiegati per descrivere il comportamento atteso delle tecnologie e restano distinti dai dati ufficiali Caterpillar e dai limiti formalmente garantiti.

[1] Caterpillar, Performance Data EM7058 DS - dati nominali engine-out e condizioni stazionarie del CAT 3516E GRBX.

[2] Caterpillar, Performance Parameters [DM1176] - TMI Emission Data Users, Change Level 08, release 14 novembre 2024 - criteri d'impiego dei dati emissivi, metodo di misura e relazione tra PM, PM2.5 e PM10.

[3] Regione Lombardia, DGR n. XII/6646, seduta del 3 agosto 2026 - limiti emissivi assunti come riferimento di progetto.

[4] EN 590 - specifica del combustibile diesel; tenore massimo di zolfo assunto nel calcolo: 10 mg/kg.

[5] EN 15940 - specifica del combustibile paraffinico/HVO; tenore massimo di zolfo assunto nel calcolo: 5 mg/kg.

[6] U.S. Environmental Protection Agency, AP-42, Section 3.4 - Large Stationary Diesel and All Stationary Dual-Fuel Engines, Table 3.4-2 - dati sperimentali di distribuzione dimensionale del particolato per grandi motori diesel stazionari.

[7] S. Ushakov et al., Particle size distributions from heavy-duty diesel engine operated on low-sulfur marine fuel, Fuel Processing Technology, Vol. 106, 2013, pp. 350-358, DOI 10.1016/j.fuproc.2012.08.022.

C.G.T. S.p.A.
Energy Division

*** end of document ***